

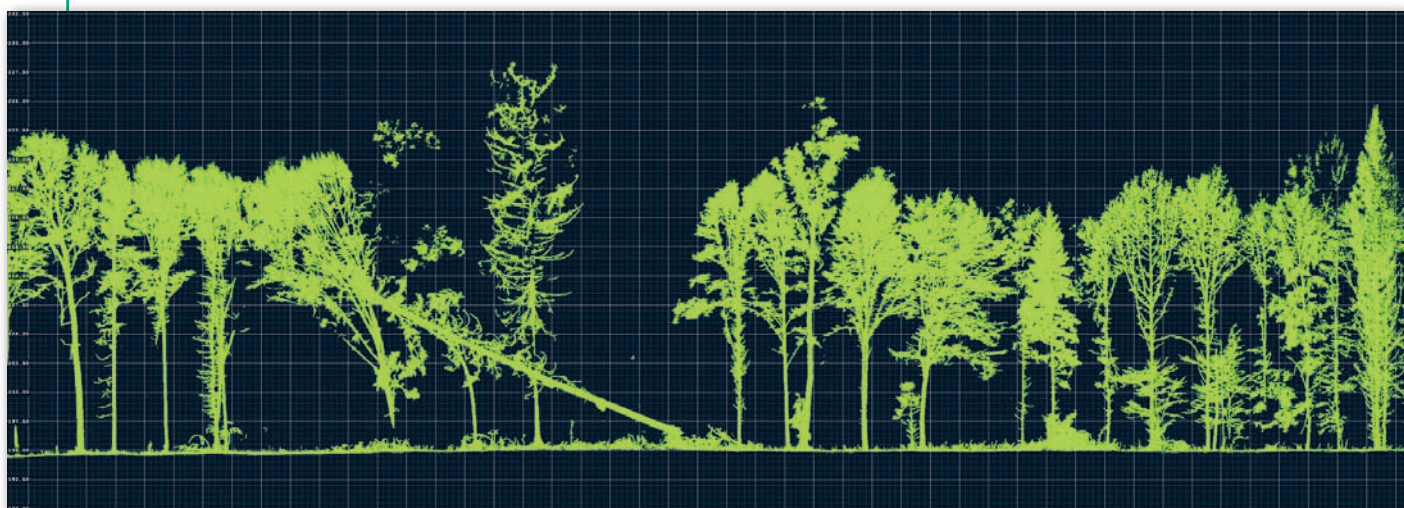
Dziedzictwo kulturowe w świetle najnowszych badań

Z LiDAR-em



w Puszczy Białowieskiej

W ramach prac bazujących na analizie danych ze skanowania laserowego interdyscyplinarny zespół naukowców dokonał odkrycia nieznanych dotąd obiektów związanych z działalnością człowieka na terenie Puszczy Białowieskiej. Zbiór pozyskanych danych jest podstawą budowy systemów geo-informacyjnych, a także portalu przyrodniczo-kulturowego.



Ryc. 1. Przekrój drzewostanu Puszczy Białowieskiej, dane z TLS (Riegl VZ-400i)

Rafał Zapłata
Krzysztof Stereńczak
Krzysztof Mitelsztedt
Bartłomiej Kraszewski

Puszcza Białowieska znana jest przede wszystkim jako unikatowy, cenny przyrodniczo kompleks leśny, który jest przedmiotem zainteresowania przyrodników, botaników czy też zoologów. Od kilku lat za sprawą najnowszych technologii – podobnie jak inne kompleksy leśne w Polsce i na świecie – staje się również obszarem szczególnego

zainteresowania specjalistów z zakresu teledetekcji i fotogrametrii współpracujących ze specjalistami z zakresu ochrony zabytków, zwłaszcza archeologami.

Opisywane w artykule badania taki interdyscyplinarny zespół prowadził w związku z inicjatywą „Inwentaryzacja dziedzictwa kulturowego”. Odbывало się to w ramach usługi naukowo-badawczej „Ocena stanu różnorodności biologicznej w Puszczy Białowieskiej na podstawie wybranych elementów przyrodniczych i kulturowych” wykonywanej na zlecenie Skarbu Państwa – Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe, Dyrekcji Generalnej LP (umowa OR.271.3.1.2016 zawarta 16 czerwca 2016 r. oraz umowa OR.271.3.4.2017 za-

warta 13 czerwca 2017 r.). W skład zaangażowanych w prace konsorcjów wchodził Instytut Badawczy Leśnictwa (lider) i w 2016 r. Instytut Archeologii i Etnologii PAN, a w latach 2017-2019 Fundacja Hereditas. Głównym celem projektów inwentaryzacyjnych było rozpoznanie nieznanych dotychczas zasobów zabytkowych i materialnych śladów dawnej aktywności człowieka znajdujących się na terenie polskiej części puszczy. Prowadzono także weryfikację stanowisk archiwalnych przy wykorzystaniu głównie nieinwazyjnych metod badawczych.

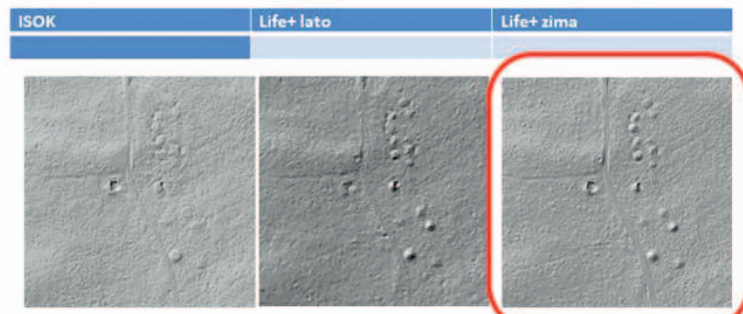
• LiDAR z różnych źródeł

Kluczową technologią wykorzystaną przy realizacji tych prac był LiDAR

Projekt LIFE+ ForBioSensing PL



Projekt LIFE+ ForBioSensing PL



Instytut Badawczy Leśnictwa
Szkolna Stara, ul. Braci Leśnej 5, 09-090 Raszyn
Tel.: +48 22 71 50 500 Fax: +48 22 72 40 397
e-mail: IBL@ibl.gov.pl, www.ibl.gov.pl
KRS: 0000039417 REGON: 000113832
NIP: 5250000090

Biurowisko Projektu ForBioSensing
Szkolna Stara, ul. Braci Leśnej 3 bud. A, p. 107
09-090 Raszyn
Tel.: +48 22 71 50 563
e-mail: Rozprawy@ibl.gov.pl, www.forbiosensing.pl



nu. Wygenerowano je automatycznie dla trzech nadleśnictw puszczy oraz BPN. Wykorzystano do tego biblioteki języka programowania R – raster, rgdal, RSAGA. W wyniku przetworzenia NMT wygenerowano: mapę spadków, mapę ekspozycji zboczy, cieniowany relief NMT (*hillshade*) dla ośmiu azymutów pozycji Słońca (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 stopni) oraz wysokości nad horyzontem 20 stopni, lokalny relief będący różnicą dwóch NMT przefiltrowanych filtrem medianowym (pierwszego oknem 3 x 3 piksele, a drugiego – 15 x 15 pikseli), a także *skyview-factor* – pozwalający na określenie procentowej widoczności nieba z danego miejsca na powierzchni Ziemi.

• Dane z drona

Wykonano również dodatkowe pomiary laserowe we współpracy z firmą Laser-3D Jacek Krawiec oraz LiDAR3D. Zrealizowano m.in. 7 nalołów bezzałogowym statkiem powietrznym Ricopter z zamontowanym skanerem laserowym (UAV LiDAR). Dane pozyskane z UAV

Źródło: IBL

Ryc. 2. Porównanie jakości danych ISOK z danymi Life+ na przykładzie modeli cieniowych. U góry pozostałości dawnych miedz, u dołu kopce – pozostałości cmentarzyska kurhanowego

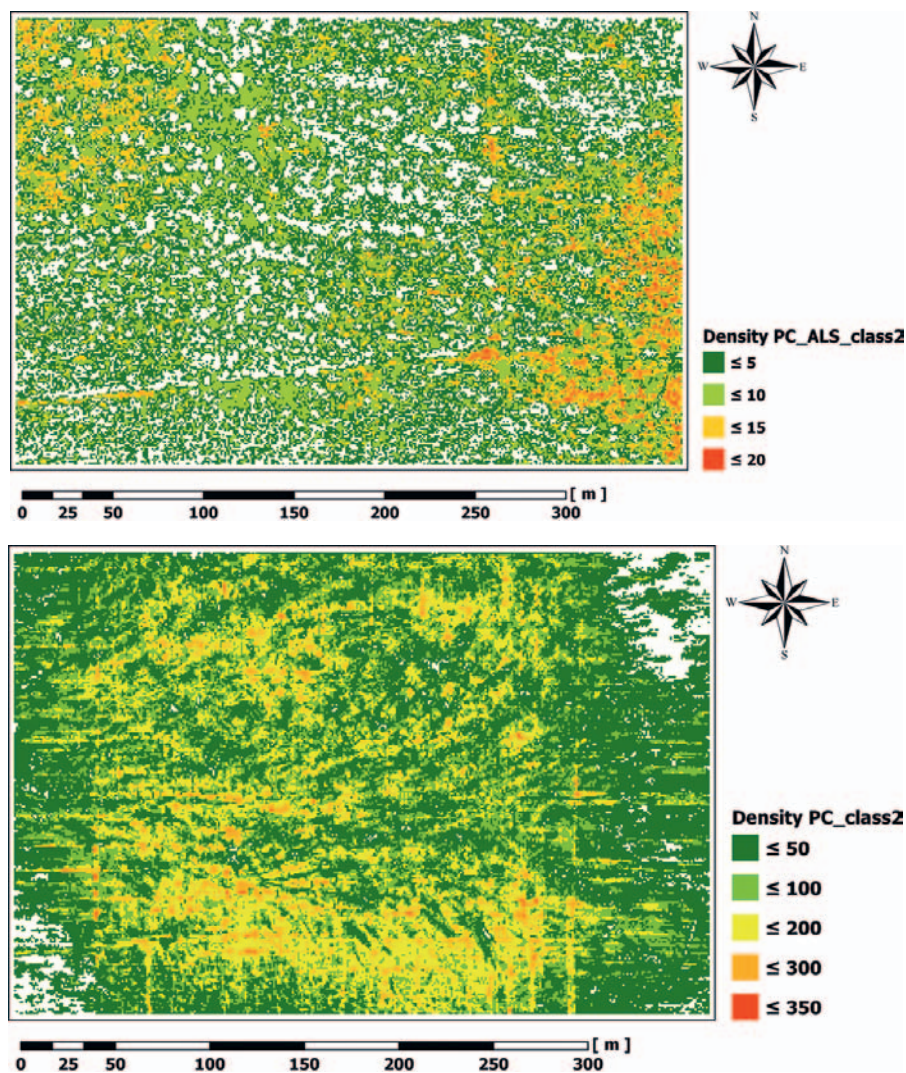
w formie lotniczego skanowania laserowego (ALS), skanowania naziemnego czy skanowania z drona. Zasadnicze dane LiDAR pozyskano już w 2015 r. w ramach projektu Instytutu Badawczego Leśnictwa „Life+ ForBioSensing PL. Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych” (www.forbiosensing.pl). Pokryły one całą polską część Puszczy Białowieskiej, stanowiąc zarazem unikatowy i jedyny taki zbiór danych dla tego obszaru.

Możliwość nieinwazyjnego rozpoznania terenu puszczy pod kątem zasobów archeologicznych stwarzał także zbiór danych Informatycznego Systemu Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK). Jednak w 2016 r. ich dostępność dla badanego obszaru była ograniczona. Dane ISOK pokrywały wówczas część Puszczy Białowieskiej, w tym jedynie 53% powierzchni Białowieskiego Parku Narodowego (BPN), nie dając podstaw do pełnego rozpoznania terenu.

Analiza danych ALS pozyskanych w ramach inicjatywy inwentaryzacyjnej w latach 2016-2019 pozwoliła na rozpoznanie licznych potencjalnych obiektów zabytkowych, które poddano weryfikacji terenowej, skupiając uwagę na obszarach lasów gospodarczych, rezerwatów oraz części BPN.

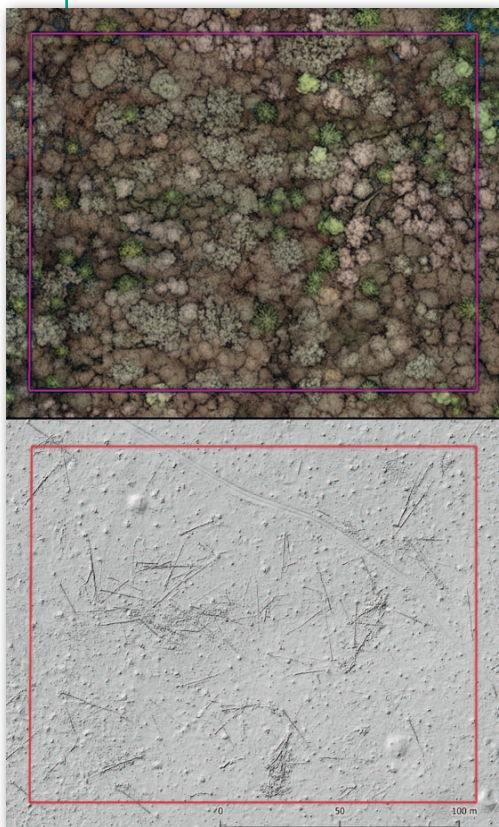
• Produkty NMT

Do rozpoznawania zasobów archeologicznych posłużyły głównie produkty pochodne numerycznego modelu tere-



Ryc. 3. Porównanie gęstości pokrycia terenu: u góry ALS z 2015 r., u dołu Ricopter z 2018 r.

Oprac. P. Mysak/IBL



Ryc. 4. Widok z góry na chmurę punktów z nalogu UAV LiDAR (na górze) oraz przykład uzyskanych przetworzeń ukazujących obiekty znajdujące się pod okapem drzewostanu

charakteryzują się znacznie gęstszą chmurą punktów niż w przypadku typowych nalogów lotniczych. W ramach projektu ISOK gęstość chmury wynosiła od 4 do 12 pkt/m². Dla nalogów testowych wykonanych bezzalogowcem wartości te sięgają kilkuset pkt/m². Umożliwia to bardziej szczegółowe odwzorowanie pionowej struktury lasu. Na szczególną uwagę zasługuje możliwość lepszego odwzorowania gruntu oraz innych elementów znajdujących się pod okapem drzewostanów, takich jak martwe leżące drzewa czy obiekty archeologiczne. Sprzyja to pozyskiwaniu i gromadzeniu danych do badania i dokładniejszej inwentaryzacji zarówno obiektów przyrodniczych, jak i zasobów kulturowych.

• Archiwalne zdjęcia lotnicze

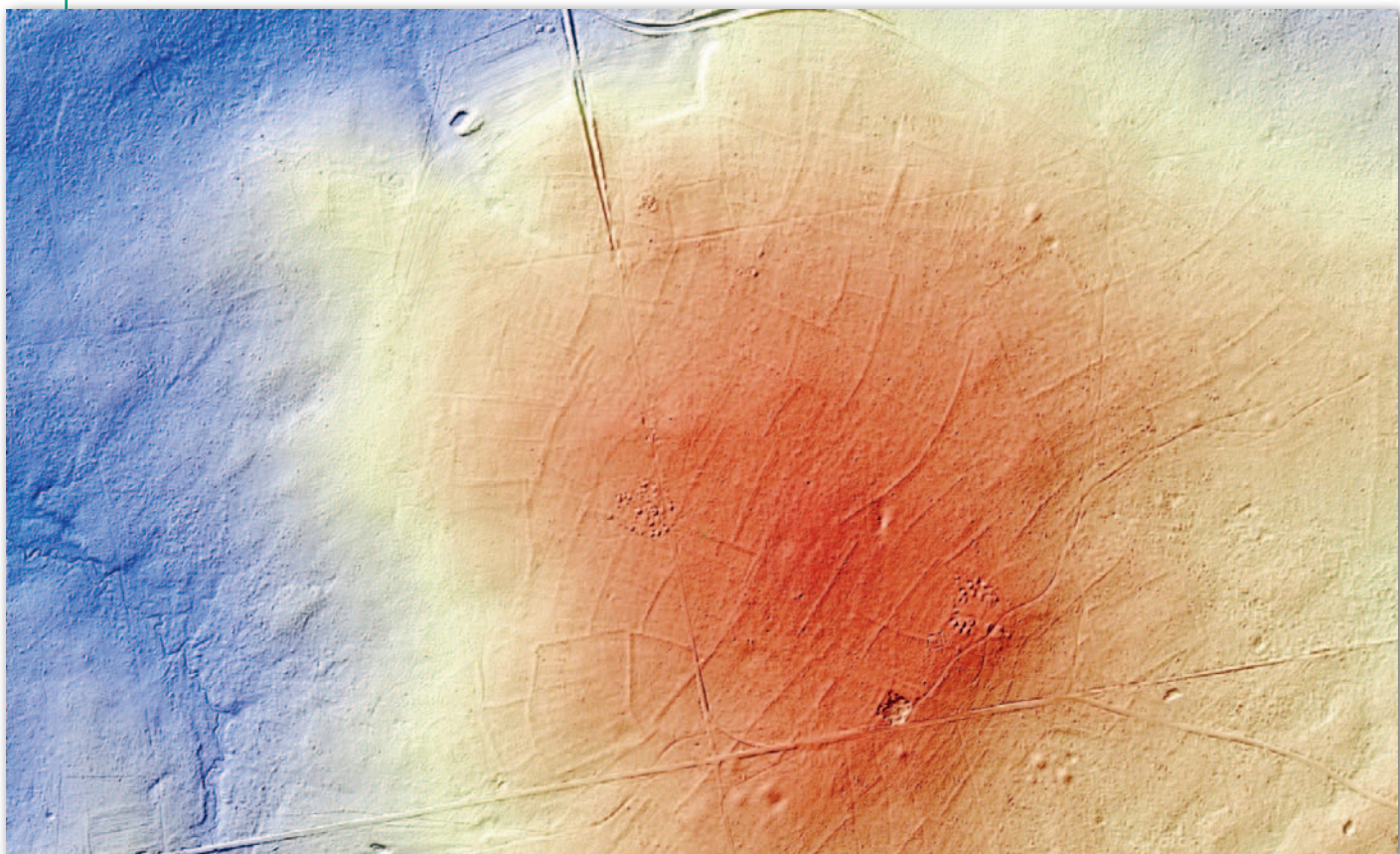
Obok technologii LiDAR w badaniach sięgnięto po archiwalne zasoby, w tym m.in. zdjęcia lotnicze o dużym potencjale analityczno-badawczym. Zbiór zdjęć pozyskano z Narodowego Archiwum Stanów Zjednoczonych (National Archives and Records Administration, NARA). Prace zrealizował Ośrodek Kultury Leśnej w Gołuchowie. Dane te posłużyły między innymi do określenia stopnia eksploatacji Puszczy Białowieskiej w okresie II wojny światowej, ukazano też dzięki nim historyczny obraz kompleksu leśnego.

• Co ciekawego znaleziono?

W ramach prac inwentaryzacyjno-badawczych starano się odpowiedzieć na pytanie o zasób kulturowy (archeologiczny) na terenie polskiej części Puszczy Białowieskiej. Liczne wcześniejsze dane i przesłanki wskazywały, że obszar ten w przeszłości mógł być użytkowany w większym stopniu i w innej formie, niż dotychczas sądzono. Wyniki prac doprowadziły do rozpoznania i zweryfikowania w terenie kilku tysięcy nieznanych dotąd pozostałości po dawnej działalności człowieka, obiektów w większości o własnej (mikro)formie krajobrazowej, ale nie tylko. Badania geofizyczne w licznych miejscach doprowadziły do rozpoznania obiektów, które nie miały swojej ekspozycji w jakiegokolwiek formie na powierzchni terenu.

Do 2016 r. znanych było około 200 stanowisk archeologicznych na terenie polskiej części Puszczy Białowieskiej. Obecnie jest ich ponad 1000. Często składają się z kilku, kilkunastu czy kilkudziesięciu pojedynczych, nieruchomych obiektów archeologicznych. Warto dodać, że nie jest to rozpoznanie pełne, obejmujące całą powierzchnię puszczy.

Najbardziej spektakularnym odkryciem są – zidentyfikowane głównie dzięki LiDAR-owi – liniowe (miejscami punktowe) wyniesienia (grzbiety, uskoki itp.)



Ryc. 5. Wizualizacja danych ALS – Life+ z terenu dzisiejszej Puszczy Białowieskiej. Widoczne liniowe wyniesienia terenu (miedze), a także owalne wyniesienia (kopce) – są to pozostałości cmentarzysk kurhanowych oraz obiektów związanych z dawnym przetwórstwem surowca drzewnego

Ryc. 6. Wizualizacja fragmentu terenu Puszczy Białowieskiej – dane UAV ALS. Przetworzenie SLRM

ograniczające wewnętrzne przestrzenie określane w literaturze przedmiotu m.in. jako *field systems*, *fossils field systems*, *lynches* czy *celtic fields* – czyli relikty dawnych obszarów rolniczych (miedze). Obiekty te występują w wielu miejscach Puszczy Białowieskiej, w tym również na terenie BNP (obszar ochrony ścisłej). Zabytki wstępnie wiązane są ze społecznościami z pierwszych wieków naszej ery, jak również z okresem wczesnego średniowiecza. Jednak badacze, w tym gleboznawcy, nie wykluczają ich starszej metryki. Poza tym rozpoznano wiele innych obiektów z czasów prehistorycznych i historycznych, w tym liczne kopce będące pozostałościami dawnych cmentarzy, mielerzy czy smolarni.

• Geobazy, geodane

Finalnym efektem badań – poza rozpoznaniem zabytków archeologicznych – jest zbiór pozyskanych danych. Zbiór pozyskanych danych zasili leśne systemy geoinformacyjne, a także portal przyrodniczo-kulturowy Lasów Państwowych Puszcza Białowieska. Dane wykorzystywane są również do modelowania i wykonywania symulacji dla badanego tere-

nu, w tym np. określania stref zalewowych na bazie morfometrycznych analiz rzeźby terenu przy wykorzystaniu Topograficznego Indeksu Pozycji (Topographic Position Index, TPI).

Interdyscyplinarny zespół z użyciem programu QGIS stworzył geobazę i unikatowy zasób, który docelowo trafia do zarządców terenu (leśników). Dzięki temu możliwe jest włączenie pozyskanych danych i innych wyników badań do działań związanych z Planami Urządzenia Lasów. Zbiór danych przekazywany jest również w formie cyfrowej do Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków w Białymstoku.

Geobaza i tworzące ją dane to efekt prac geodetów, fotogrametrów czy specjalistów z zakresu teledetekcji. Po uzupełnieniu archiwalnymi opracowaniami w postaci: ortofotoplanów, zdjęć z georeferencją czy map, budują one zasób o praktycznym wymiarze i potencjale nie tylko dla wymienionych instytucji. Zainteresowanie wynikami prac, w tym pozyskanymi zbiorami danych, wykazują jednostki samorządu terytorialnego, naukowcy czy w końcu lokalna społeczność. W danych tych drzemie potencjał zarówno analityczny, jak i promocyjny dla regionu. Bez wątpienia może on wesprzeć zarówno różnorodne inicjatywy promujące zarówno ten kompleks leśny, jak i dziedzictwo kulturowe – intrygują-

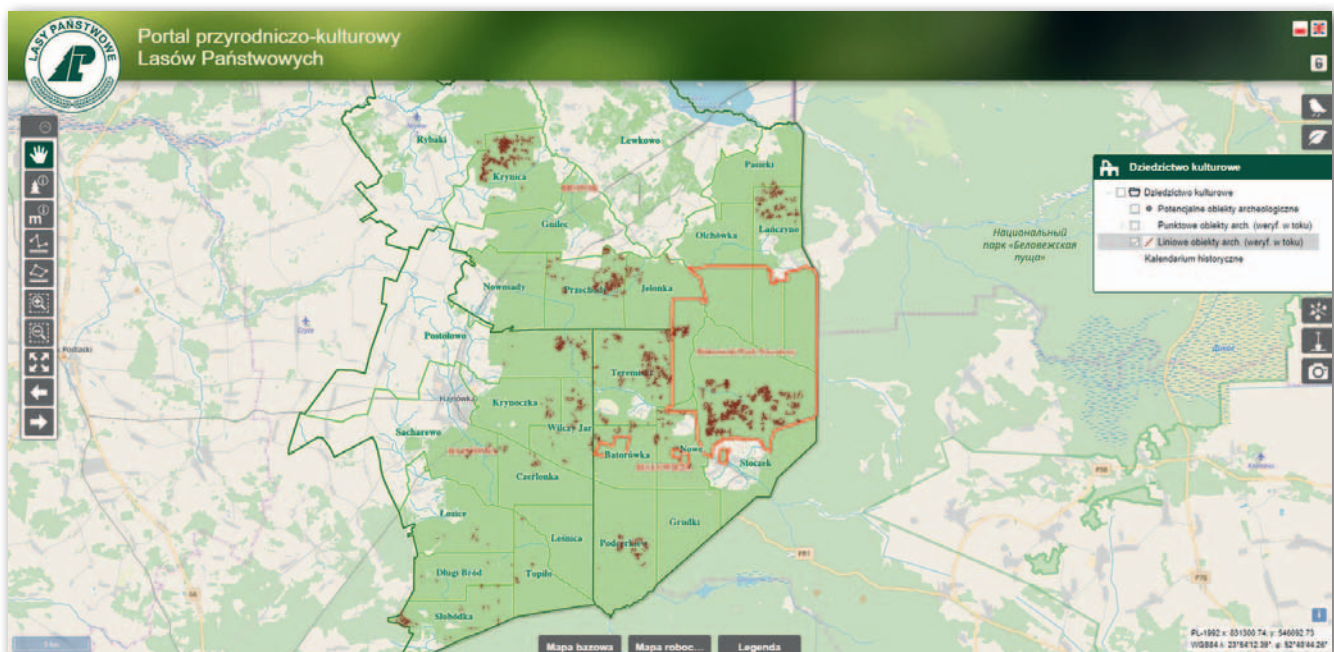
cy, nadal w pełni nierozpoznany, przeszły wymiar Puszczy Białowieskiej.

• Nowe metody a przyszłość badań

Działania w ramach podjętej inicjatywy miały na celu m.in. kształtowanie współczesnej polityki i strategii konserwatorskiej ukierunkowanej na zintegrowane działania dostrzegające łącznie dobra kultury i środowiska. Ważną cechą przedsięwzięcia było współtworzenie metodyki badawczej w zakresie ochrony dziedzictwa kulturowego i przyrodniczego na terenach leśnych, zwłaszcza obszarach chronionych. Dodatkowym elementem był rozwój i upowszechnianie innowacyjnych, nieinwazyjnych metod badania dziedzictwa kulturowego oraz obszarów leśnych w Polsce.

Inicjatywa inwentaryzacyjna w Puszczy Białowieskiej stanowi pilotażowe przedsięwzięcie, będąc zarazem częścią kolejnych działań w ramach zleceń PGL Lasy Państwowe, takich jak „Inwentaryzacja dziedzictwa kulturowego” na terenach Regionalnej Dyrekcji LP w Krośnie, a także na obszarach parków narodowych: Roztoczańskiego i Magurskiego. Również tam wyjściowym zbiorem są dane ALS (pochodzące jednak z projektu ISOK), a także (na wybranych obszarach) dane z dedykowanych pomiarów z drona.

Dr hab. Rafał Zapłata
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
Dr hab. inż. Krzysztof Stereńczak,
mgr Krzysztof Mitelsztedt,
dr inż. Bartłomiej Kraszewski
Instytut Badawczy Leśnictwa



Ryc. 7. Prowadzony przez Lasy Państwowe portal przyrodniczo-kulturowy Puszcza Białowieska (<https://www.puszcza-bialowieska.lasy.gov.pl/>) z przykładową wizualizacją części rozpoznanych obiektów archeologicznych (dawne miedze)